

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Rupert MAIER and Ralf SYKOSCH
Application No.: NEW APPLICATION
Filed: September 5, 2003
For: METHOD FOR SYNCHRONIZING NETWORK NODES IN A
SUBNETWORK

PRIORITY LETTER

September 5, 2003

MAIL STOP NEW APPLICATION
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Dear Sirs:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. 119, enclosed is/are a certified copy of the following priority document(s).

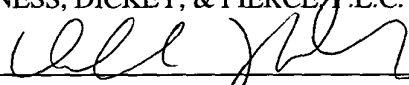
<u>Application No.</u>	<u>Date Filed</u>	<u>Country</u>
10241429.7	September 6, 2003	GERMANY

In support of Applicant's priority claim, please enter this document into the file.

Respectfully submitted,

HARNESS, DICKEY, & PIERCE P.L.C.

By


Donald J. Daley, Reg. No. 34, 313
P.O. Box 8910
Reston, Virginia 20195
(703) 668-8000

DJD/jj



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 41 429.7

Anmeldetag: 06. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Synchronisation von Netzwerknoten eines Teilnetzwerks

IPC: H 04 L 7/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Beschreibung

Verfahren zur Synchronisation von Netzwerkknoten eines Teilnetzes

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation von Netzwerkknoten eines Teilnetzes wobei die Netzwerkknoten Zeitgeber aufweisen und mindestens einer der Netzwerkknoten die Funktion eines Masters übernimmt, wobei die Uhrzeit des Masters als Referenzzeit für das Teilnetzwerk verwendet wird.

10

Beispielsweise in industriellen Anlagen sind datenverarbeitende Einrichtungen, die unter anderem zur Messwerterfassung, zur Messdatenanalyse bzw. zum Steuern und/oder Regeln dienen, meist über Netzwerkknoten an ein Netzwerk gekoppelt. Es ist bekannt, einzelne Netzwerkknoten unter Zuhilfenahme universeller Zeitsignale, wie beispielsweise der Signale des GPS-Systems oder der Signale einer Funkuhr, zu synchronisieren. Die vorgenannten Signale sind gegenwärtig jedoch nicht immer und überall zu empfangen, zu ihrem Empfang ist die Installation spezifischer Hardwarekomponenten erforderlich und es können Ungenauigkeiten beispielsweise aufgrund von Mehrwegausbreitung auftreten.

15

20

25

30

Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, das die zuvor genannten Nachteile vermeidet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Synchronisation von Netzwerkknoten eines Teilnetzes mit den im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 genannten Verfahrensschritten.

35

Mit Vorteil speichert der Master die Signallaufzeit zu den Netzwerkknoten ab. So kann bei Wiederholung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf das nochmalige Versenden von Laufzeitmesstelegrammen verzichtet werden, wobei bei einer Wiederholung des Verfahrens vorzugsweise vorausgesetzt wird, dass sich die Netzwerktopographie nicht verändert bzw. die Wieder-

holung innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne erfolgt.

Es ist zweckmäßig, dass ein Netzwerkknoten bei Empfang eines Laufzeitmesstelegramms das Anpassen seiner Uhrzeit an die Referenzzeit mindestens einmal, vorzugsweise jedoch zweimal simuliert und danach eine Antwort an den Master sendet. Die Genauigkeit des Synchronisationsvorgangs kann so erhöht werden, da der Master auf diese Weise die für das Setzen der korrekten Uhrzeit benötigte Zeitdauer als Bestandteil der Signallaufzeit berücksichtigen kann.

Mit Vorteil wird die Uhrzeit eines Netzwerkknotens an die Referenzzeit des Teilnetzwerks unmittelbar nach Empfang des Uhrzeitsetz-Telegramms angepasst. So werden die Zeiträume innerhalb derer Netzwerkknoten mit asynchroner Uhrzeit laufen möglichst gering gehalten.

Mit Vorteil wird die Uhrzeit eines Netzwerkknotens schrittweise an die Referenzzeiten des Teilnetzwerks angepasst. Diese Anpassung kann beispielsweise auch fließend erfolgen. Im Gegensatz zu einer abrupten Zeitanpassung wird so beispielsweise eine Störung von Prozessen vermieden, die mittels mit den Netzwerkknoten verbundener Einrichtungen geregelt bzw. gesteuert werden. Auch zur Messdatenanalyse ist ein derartiges Vorgehen äußerst zweckmäßig.

Mit Vorteil wird das erfindungsgemäße Verfahren gegebenenfalls mehrfach, zumindest teilweise wiederholt, um eine noch höhere Genauigkeit zu erreichen. Dabei ist es besonders zweckmäßig, dass der Master die Signallaufzeit durch Versenden mehrerer Laufzeitmesstelegramme und mit Hilfe einer Mittelwertbildung ermittelt. So können beispielsweise die Auswirkungen evtl. verbleibender Laufzeitschwankungen minimiert werden.

Mit Vorteil ermittelt der Netzwerkknoten, der die Funktion des Masters in einem Teilnetzwerk übernimmt, alle Netzwerkknoten, die Bestandteil des Teilnetzwerks sind.

- 5 Mit Vorteil übernimmt mindestens ein Netzwerkknoten eines Teilnetzwerks die Funktion des Masters in einem anderen Teilnetzwerk. Auf diese Weise wird die Effizienz der Synchronisation besonders dann gesteigert, wenn weit verzweigte Netzwerke vorliegen bzw. wenn Netzwerke eine besonders große Anzahl von Netzwerkknoten aufweisen bzw. wenn verschiedene Gruppen von Netzwerkknoten mittels unterschiedlicher Medien gekoppelt sind.

15 Mit Vorteil sind Netzwerkknoten eines Teilnetzwerks mittels eines optischen Übertragungsmediums miteinander verbunden. Aufgrund der Eigenschaften derartiger Medien, wie z. B. Lichtwellenleiter, und insbesondere aufgrund ihrer Störungsunanfälligkeit eine hochgenaue Synchronisation bis in den Mikrosekundenbereich ermöglicht.

20 Erfindungsgemäße Einzelheiten und Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen.

25 Es zeigen dabei

Figur 1 ein schematisches Darstellung von in mehreren Teilnetzwerken angeordneten Netzwerkknoten,

30 Figur 2 ein Beispiel für die Anordnung von Netzwerkknoten in einem Teilnetzwerk,

Figur 3 und 4 die beispielhafte Darstellung der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte anhand von Ablaufdiagrammen und

35

Figur 5 eine beispielhafte Veranschaulichung der Anpassung der Uhrzeit eines Netzwerkknotens.

Figur 1 zeigt ein Netzwerk, das aus den Netzwerkknoten NK1, NK2, NK11 bis NK14, NK21 bis NK23, NK111 und NK112 sowie den Netzwerkmedien NM1 bis NM4 besteht. Mit den Netzwerkmedien NM1 bis NM4 können weitere, in der Zeichnung nicht dargestellte Netzwerkknoten verbunden sein.

Netzwerkmedien sind gekennzeichnet durch ein Übertragungsmedium und ein Übertragungsprotokoll. Als Übertragungsmedien dienen z.B. Lichtwellenleiter, ein oder mehrere Kabel bzw. mindestens eine Funkschnittstelle. Übertragungsprotokolle können z.B. das TCP/IP Protokoll bzw. spezielle Protokolle für optische Übertragungsmedien sein. Netzwerkmedien können vorzugsweise dem Standard IEEE1394 entsprechen oder beispielsweise als Ethernet ausgebildet sein.

Dabei bilden beispielsweise die Netzwerkknoten NK1, NK11 bis NK14 mit dem Netzwerkmedium NM2 ein Teilnetzwerk. Ein weiteres Teilnetzwerk wird beispielsweise durch die Netzwerkknoten NK11, NK111, NK112 sowie das Netzwerkmedium NM3 gebildet. Auch die Netzwerkknoten NK2 und NK21 bis NK23 bilden mit dem Netzwerkmedium NM4 ein Teilnetzwerk.

Ein weiteres mögliches Beispiel für ein Teilnetzwerk im Sinne der Erfindung besteht beispielsweise auch aus den Netzwerkknoten NK1, NK11 bis NK14, NK111, NK112 und den Netzwerkmedien NM2 und NM3. Ein Teilnetzwerk im Sinne der Erfindung bilden auch die Netzwerkknoten NK1 bis NK2, NK11 bis NK14, NK21 bis NK23 sowie die Netzwerkmedien NM1, NM2 und NM4.

Unter einem Teilnetzwerk im Sinne der Erfindung kann sowohl ein gesamtes, vorzugsweise abgeschlossenes Netzwerk, z.B. ein lokales Netzwerk als auch nur ein Teil eines derartigen Netzwerkes verstanden werden.

Figur 2 zeigt ein Teilnetzwerk, das aus den Netzwerkknoten NK1 und NK11 bis NK15 sowie dem Netzwerkmedium NM2 besteht. Der Netzwerkknoten NK11 und weitere, in der Zeichnung nicht dargestellte Netzwerkknoten bilden mit dem Netzwerkmedium NM3 ein weiteres Teilnetzwerk. Das Teilnetzwerk mit dem Netzwerkmedium NM2 besitzt eine ringförmige Topologie, wobei das Netzwerkmedium NM2 vorzugsweise als optisches Übertragungsmedium mit entsprechendem Protokoll, insbesondere als Lichtwellenleiter, ausgebildet ist.

Figur 3 zeigt den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens beispielhaften anhand der Schritte 1 bis 4 auf. Vor dem eigentlichen Synchronisationsvorgang wird im Schritt 1 der Master des zu synchronisierenden Teilnetzwerks ausgehandelt. Das Aushandeln eines Masters kann beispielsweise derart erfolgen, dass der Master aufgrund der Netzwerktopologie bestimmt wird. Ein Master kann auch ausgehandelt werden indem die Netzwerkknoten bei der Initialisierung, gegebenenfalls auch bei einem Reset oder zu einer festgelegten Zeit eine Nachricht absetzen, in der sie sich als Master anbieten und daraufhin der schnellste Absender einer derartigen Nachricht als Master bestimmt wird.

Für das in Figur 1 gezeigte Beispiel wird im Folgenden davon ausgegangen, dass der Netzwerkknoten NK1 die Funktion des Masters für das die Netzwerkknoten NK1, NK2 und NK11 bis NK14 umfassende Netzwerk übernimmt. Gemäß Schritt 2 des in Figur 3 dargestellten Ablaufdiagramms ermittelt der Master NK1 alle weiteren Netzwerkknoten NK2 und NK11 bis NK14, die Bestandteil des von ihm zu synchronisierenden Teilnetzwerks sind.

Für das in Figur 2 gezeigte Beispiel soll für die folgenden Erläuterungen ebenfalls der Netzwerkknoten NK1 die Funktion des Masters übernehmen. Er ist mit dem Netzwerkknoten NK11 bis NK15 über das als Lichtwellenleiter ausgebildete Netzwerkmedium NM2 verbunden. Indem er gemäß Schritt 2 des in Figur 3 dargestellten Ablaufdiagramms ein Telegramm über das

ringförmig ausgebildete Netzwerkmedium NM2 verschickt, ermittelt der Master die Adressen der übrigen Netzwerkknoten NK11 bis NK15.

5 Gemäß Figur 3 sendet der Master in nachfolgenden Schritt 3 ein Telegramm an alle Netzwerkknoten des von ihm zu synchronisierenden Teilnetzwerks, in dem er die Knoten anweist, bis auf Weiteres ohne Aufforderung keine Nachrichten mehr zu versenden. Derart bleibt unautorisierte Kommunikation im
10 Teilnetzwerk vorzugsweise bis zum Ende des Synchronisationsvorgangs, d.h. vorzugsweise bis zum Abschluss des Schritts 4, unterbunden. Gerade bei hinsichtlich ihres Aufbaus dem Internet ähnlichen Netzwerkmedien, wie z.B. mit dem TCP/IP Protokoll arbeitenden Netzwerkmedien ist es wichtig, dass während
15 des Synchronisationsvorgangs kein unautorisierter Datenaustausch erfolgt, um sicherzustellen, dass Übertragungszeiten und -wege stets determinierbar sind.

Als Nächstes beginnt der eigentliche Synchronisationsvorgang,
20 der in Figur 3 als Schritt 4 dargestellt ist. Schritt 4 wird nachfolgend anhand von Figur 4 eingehender erläutert. Die Schritte 3 und 4 werden vorzugsweise zyklisch wiederholt, wobei die Periodizität der Wiederholungen von der Genauigkeit der Timer der Netzwerkknoten NK1, NK2, NK11 bis NK15, NK21
25 bis NK23, NK111, NK112 abhängen kann. Es ist auch eine bedarfsweise Wiederholung der Schritte 3 und 4 möglich.

Der in Figur 4 aufgezeigte Ablauf der eigentlichen Synchronisation der Netzwerkknoten gliedert sich in mehrere Schritte
30 4.1 bis 4.5 bzw. 4.3 bis 4.5 auf.

In einem ersten Schritt 4.1 versendet der Master eines Teilnetzwerks ein Laufzeitmesstelegramm an jeden Netzwerkknoten des Teilnetzwerks. Es wird nacheinander jeder einzelne Netzwerkknoten angesprochen und aufgefordert sofort eine Rückantwort an den Master zu senden. Nach Empfang der Rückantwort
35 durch den Master wird der nächste Netzwerkknoten angespro-

chen. Dabei erfasst der Master die Zeit, die zwischen dem Absenden des jeweiligen Laufzeitmesstelegramms und dem Erhalt der dazugehörigen Rückantwort verstreicht.

- 5 Vorzugsweise simuliert der Netzwerkknoten, der ein Laufzeitmesstelegramm erhält, zunächst zweimal die Übernahme eines Zeitwerts in seinen Timer und sendet erst dann seine Rückantwort an den Master.
- 10 Dementsprechend kann der Master im Schritt 4.2 die Signallaufzeit t_s vorzugsweise aus der erfassten Zeit t_m , das heißt der Zeit, die zwischen Absenden des Laufzeitmesstelegramms und dem Eingang der Rückantwort verstrichen ist unter Berücksichtigung der zur Übertragung des Laufzeitmesstelegramms zum
- 15 Netzwerkknoten benötigten Zeit t_f , der Zeit t_r zur Übertragung der Rückantwort vom Netzwerkknoten zum Master sowie der Uhrzeitsetzzeit t_c berechnen als:

$$(1) \quad t_s = \frac{t_m}{2} = \frac{t_f + 2 \cdot t_c + t_r}{2}.$$

20

Nach dem Berechnen der Signallaufzeit t_s im Schritt 4.2 werden im Schritt 4.3 die Übertragungszeiten für die Netzwerkknoten in einer Liste beim Netzwerkmaster abgespeichert. Vorzugsweise wenn die Schritte 4.1 und 4.2 nicht unmittelbar zuvor durchgeführt wurden, werden im Schritt 4.3 die Signallaufzeiten t_s vor Versenden der Uhrzeitsetz-Telegramme im Schritt 4.4 aus dem Speicher des Masters abgerufen.

25

- Der Master schickt in einem nächsten Schritt 4.4 Uhrzeitsetz-
- 30 Telegramme an die Netzwerkknoten. Die mit einem Uhrzeitsetz-Telegramm übermittelte Uhrzeit t_T ist vorzugsweise die um die Signallaufzeit t_s korrigierte Referenzuhrzeit t_M des Netzwerks, wobei die Referenzuhrzeit t_M der Uhrzeit des Masters entspricht:

35

$$(2) \quad t_T = t_M + t_s.$$

Nach Erhalten des Uhrzeitsetz-Telegramms wird die Uhrzeit des entsprechenden Netzwerkknotens im Schritt 4.5 sofort neu eingestellt und mit der Referenzzeit t_M synchronisiert.

- 5 Hat einer der Netzwerkknoten NK11 bis NK14 (siehe Beispiel aus Figur 1) der von einem Master NK1 synchronisiert wird, Verbindung zu einem anderen Teilnetzwerk, so übernimmt vorzugsweise dieser Netzwerkknoten NK11 in dem mit ihm verbundenen Teilnetzwerk die Funktion des Masters und synchronisiert
10 die übrigen Netzwerkknoten NK111 und NK112, die Bestandteil des Teilnetzwerks bilden. Auf diesem Wege kann insbesondere ein weitverzweigtes Netzwerk effizient synchronisiert werden.

- Um beispielsweise die Auswirkungen eventuell verbleibender
15 Laufzeitschwankungen zu eliminieren, können die Schritte 4.1 bis 4.5 bzw. 4.1 bis 4.3 bzw. 4.3 bis 4.5 auch mehrfach wiederholt werden. Wird dabei insbesondere bei den Schritten 4.1 bis 4.3 eine Mittelwertbildung bei der Ermittlung der Signallaufzeit t_s angewandt, kann die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens noch weiter gesteigert werden.
20

- Werden die in Figur 3 dargestellten Schritte 3 und 4 sehr oft wiederholt, können gegebenenfalls auch die in Figur 4 dargestellten Schritte 4.1 und 4.2 bei einzelnen Wiederholungen
25 entfallen, um den Synchronisationsvorgang zu verkürzen.

- Erfindungsgemäß ist es sowohl möglich, die Schritte 4.1 bis 4.5 gegebenenfalls auch teilweise, zunächst nacheinander Netzwerkknoten für Netzwerkknoten abzuarbeiten als auch ein-
30 zelne oder Gruppen der Schritte 4.1 bis 4.5 Schritt für Schritt für alle Netzwerkknoten abzuarbeiten.

- Figur 5 illustriert wie die Timereinstellung gemäß Schritt 4.5 vorzugsweise nicht abrupt, sondern in einem kontinuierlichen bzw. schrittweisen Übergang auf die Referenzuhrzeit erfolgt. Weicht beispielsweise die Uhrzeit eines Netzwerkknotens zu einer Zeit t um eine Zeitdifferenz Δt von der Refe-
35

renzzeit t_M des Masterknotens des Teilnetzwerks ab und wird diese Differenz Δt mit Eingang eines Uhrzeitsetz-Telegramms zum Zeitpunkt t_1 erfasst, so muss Δt nicht abrupt zum Zeitpunkt t_1 auf Null verringert werden, sondern kann entweder
5 gleitend bis zum Zeitpunkt t_5 auf Null geführt werden oder schrittweise zu den Zeitpunkten t_1, t_2, t_3, t_4 bis auf Null abgesenkt werden. Die schrittweise Absenkung von Δt kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass eine obere Schranke für die Änderung von Δt beim Setzen der Uhrzeit ei-
10 nes Netzwerkknotens vorgegeben wird.

Die Erfindung ermöglicht eine hochgenaue Synchronisation von Netzwerkknoten bis in den Mikrosekundenbereich, ohne den Betrieb von mit den Netzwerkknoten verbundenen Einrichtungen zu
15 stören. Die erfindungsgemäße Netzwerksynchronisation lässt sich ohne großen Hard- oder Softwareaufwand realisieren und ist insbesondere bei der Messwerterfassung und Messautomatisierung von herausragender Bedeutung, da von ihrer Genauigkeit die Qualität des jeweiligen Messergebnisses bzw. letzt-
20 endlich die Qualität des Produktes abhängt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation von Netzwerkknoten (NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) eines Teilnetzwerks, wobei die Netzwerkknoten (NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) Zeitgeber aufweisen und mindestens einer der Netzwerkknoten (NK1) die Funktion eines Masters übernimmt, wobei die Uhrzeit des Masters als Referenzzeit für das Teilnetzwerk verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Master zunächst veranlasst, dass während der nachfolgenden Verfahrensschritte im Teilnetzwerk keine unautorisierte Kommunikation erfolgt,
- der Master daraufhin an jeden Netzwerkknoten des Teilnetzwerks zur Ermittlung der Signallaufzeit ein Laufzeitmesstelegramm sendet,
- der Master anschließend ein Uhrzeitsetz-Telegramm an jeden Netzwerkknoten sendet und
- die Uhrzeit der Netzwerkknoten anschließend an die Referenzzeit des Teilnetzwerks angepasst wird.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Master die Signallaufzeit zu den Netzwerkknoten (NK11, NK12, NK13, NK14) abspeichert.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzwerkknoten (NK11, NK12, NK13, NK14) bei Empfang eines Laufzeitmesstelegramms das Anpassen seiner Uhrzeit an die Referenzzeit mindestens einmal simuliert und danach eine Antwort an den Master sendet.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Uhrzeit eines Netzwerkknotens (NK11, NK12, NK13, NK14) an die Referenzzeit des Teilnetzwerks unmittelbar nach Empfang des Uhrzeitsetz-Telegramms angepasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Uhrzeit eines Netzwerkknotens (NK11, NK12, NK13, NK14) schrittweise an die Referenzzeit des Teilnetzwerks angepasst wird.

5

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es gegebenenfalls mehrfach, zumindest teilweise wiederholt wird.

10

7. Verfahren nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet dass der Master die Signallaufzeit durch Versenden mehrerer Laufzeitmesstelegramme und unter Zuhilfenahme einer Mittelwertbildung ermittelt.

15

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Netzwerkknoten (NK1) der die Funktion des Masters in einem Teilnetzwerk (NM2, NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) übernimmt alle Netzwerkknoten (NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) ermittelt, die Bestandteil des Teilnetzwerks sind.

20

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindest ein Netzwerkknoten (NK11) eines Teilnetzwerks (NM2, NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) die Funktion des Masters in einem anderen Teilnetzwerk (NM3, NK11, NK111, NK112) übernimmt.

25

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzwerkknoten (NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) eines Teilnetzwerks mittels eines optischen Übertragungsmediums (NM2) miteinander verbunden sind.

30

Zusammenfassung

Verfahren zur Synchronisation von Netzwerkknoten eines Teilnetzes

5

Es wird ein Verfahren zur auf Mikrosekunden genauen Synchronisation der Zeitgeber der Netzwerkknoten (NK1, NK11, NK12, NK13, NK14) eines Netzwerks vorgeschlagen, wobei mindestens einer der Netzwerkknoten (NK1) die Funktion des Netzwerkmasters eines Teilnetzes übernimmt und die Uhrzeit des Masters als Referenzzeit (t_M) für das zu synchronisierende Teilnetzwerk verwendet wird, wobei der Master zunächst veranlasst, dass während der nachfolgenden Verfahrensschritte im Teilnetzwerk keine unautorisierte Kommunikation erfolgt, der Master daraufhin an jeden Netzwerkknoten des Teilnetzes zur Ermittlung der Signallaufzeit ein Laufzeitmesstelegramm sendet, der Master anschließend ein Uhrzeitsetz-Telegramm an jeden Netzwerkknoten sendet und die Uhrzeit der Netzwerkknoten schließlich vorzugsweise schrittweise an die Referenzzeit (t_M) des Teilnetzes angepasst wird.

FIG 1

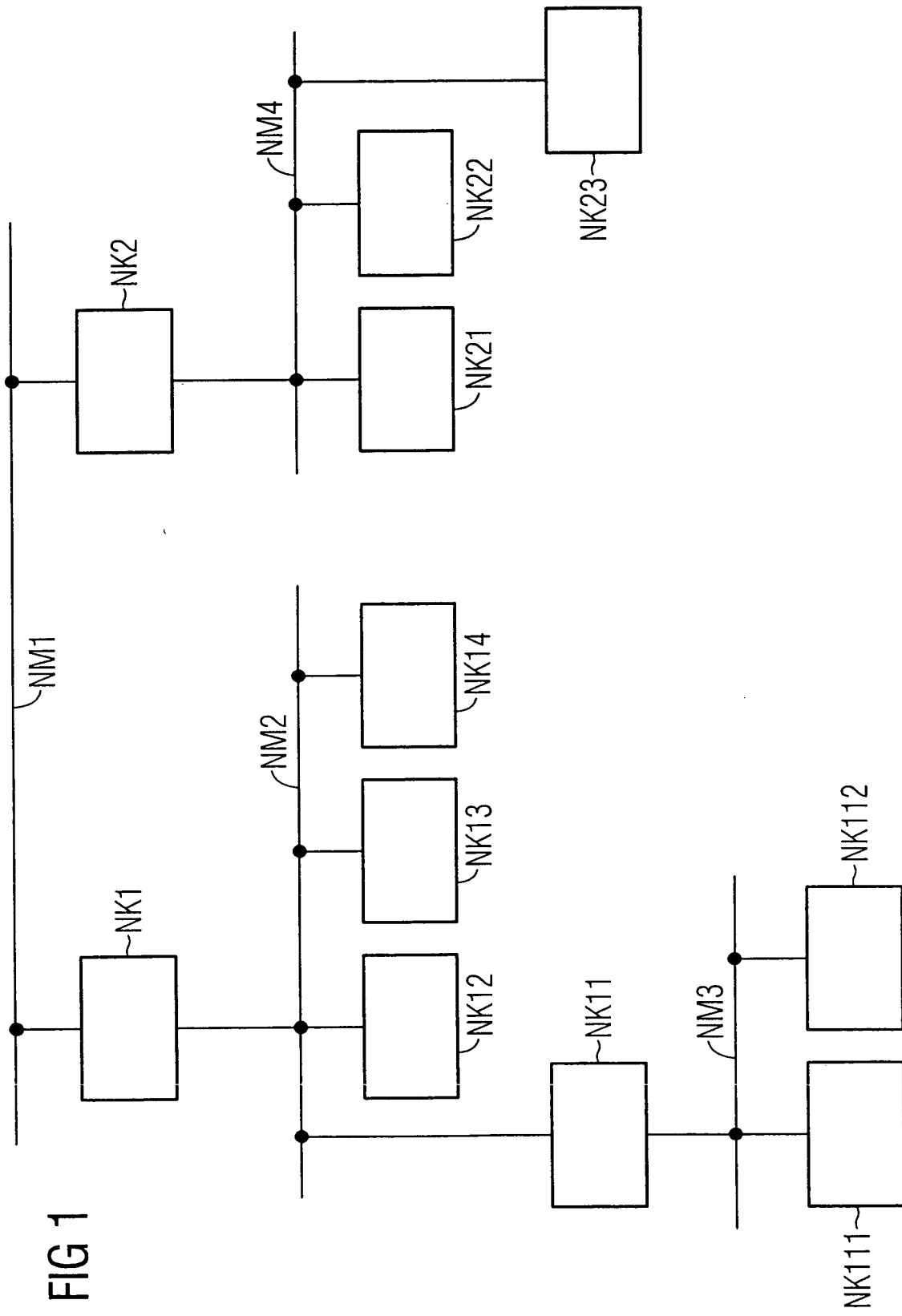
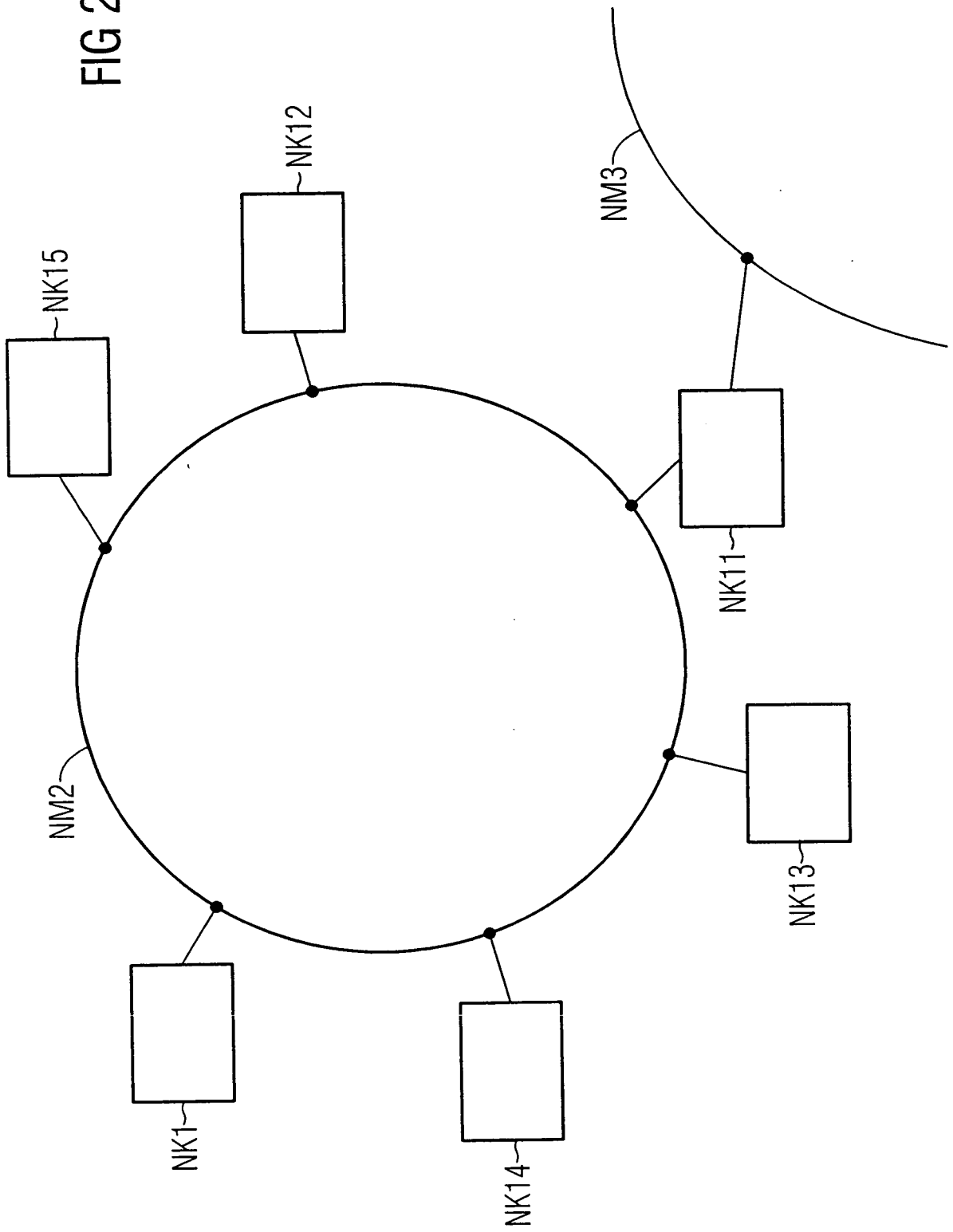


FIG 2



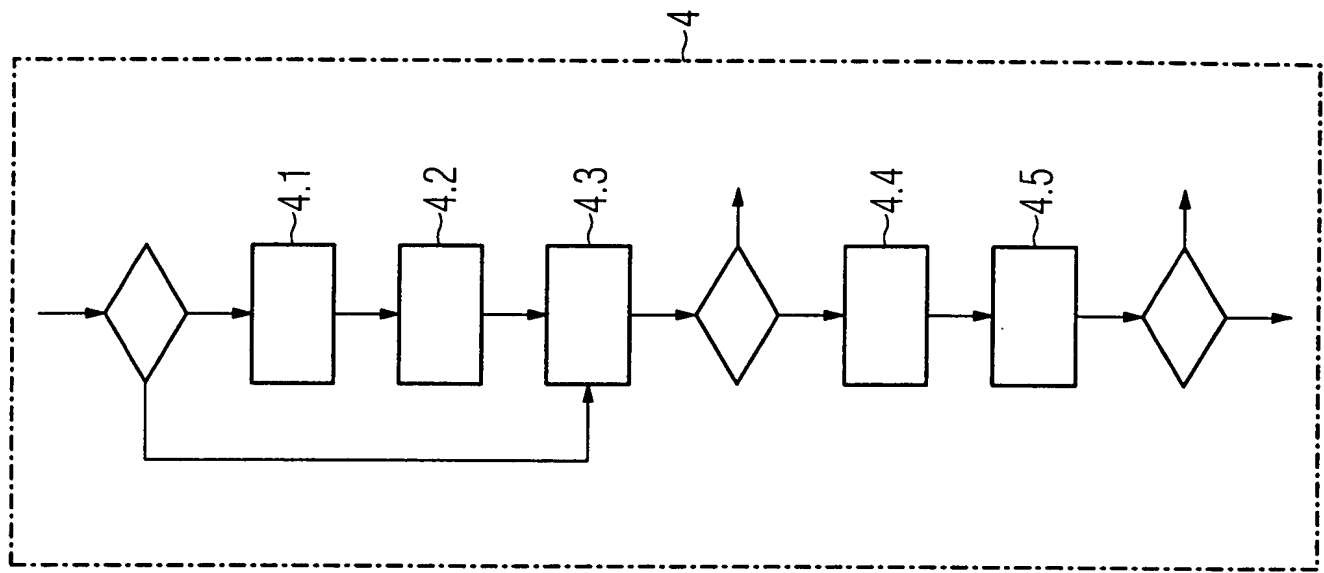


FIG 4

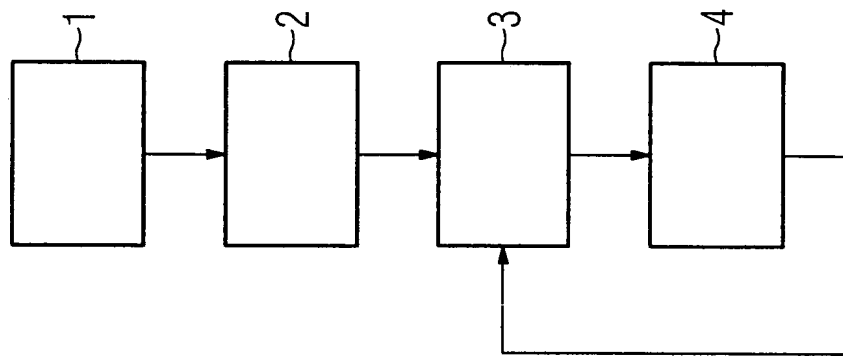


FIG 3

FIG 5

